



Špela Novak je univerzitetna diplomirana biologinja. Zanima jo predvsem alpska flora, tako je leta 2012 diplomirala iz florističnega pregleda slovenske strani Košute v Karavankah. Kot študentka in projektna sodelavka je v Triglavskem narodnem parku popisovala habitatne tipe in rastlinske vrste ter se pri tem srečala s številnimi varstveno pomembnimi življenjskimi okolji. Trenutno je kot botaničarka zaposlena v Prirodoslovnem muzeju Slovenije, kjer ureja stare herbarijske zbirke in skrbi za delovanje Alpskega botaničnega vrta Juliana. V prostem času rada teče, pleza in hodi v hribe. Foto: Tanja Menegalija.

Fizika • Mala zgodovina svetlobe

Mala zgodovina svetlobe

Janez Strnad

Zaradi pozornosti, ki bo v *Mednarodnem letu svetlobe 2015* namenjena svetlobi in njeni uporabi, je smiselno na kratko pregledati, kako se je v fiziki spreminjal pogled na svetlobo.

Svetloba je za ljudi zelo pomembna. Na Zemljo prinaša energijo s Sonca. Brez svetlobe ne bi bilo vida. S svetlobo prenašamo sporočila na daljavo. Fizika je preko nje prišla do kvantne teorije in teorije relativnosti.



**INTERNATIONAL
YEAR OF LIGHT
2015**

Znak Mednarodnega leta svetlobe 2015.

Vir: Wikipedia. Vir: www.light2015.org.

Za svetlobo so se ljudje zanimali od nekdaj. Če začnemo v stari Grčiji, to ne pomeni, da drugod, na primer v Indiji, niso imeli zanimivih misli o svetlobi. V 5. stoletju pred našim štetjem so Grki mislili, da vidijo, ker izvira iz oči nekakšen tok. To misel je na začetku 3. stoletja pred našim štetjem Evklid spravil v geometrijski ovir. Oko je vrh stožca in predmet, ki ga vidimo, njegova osnovna ploskev. Žarki so premi. Za velikost predmeta je pomemben kot, pod katerim ga vidimo. Poznal je odbojni zakon, da je odbojni kot enak vpadnemu. Arhimed je v 2. stoletju pred našim štetjem obravnaval odboj na krogelnih zrcalih. Zgodbo, da so z množico zrcal zažgali rimske ladje, pa so si izmislili pozneje.

Klavdij Ptolemaj je okoli leta 150 zbral tedanje znanje o svetlobi v knjigi, ki se ni ohranila v celoti. Vztrajal je pri toku iz oči. Obdelal je pogoje, ki morajo biti izpolnjeni, da kaj vidimo. Z odbojnim zakonom je obravnaval ravna ter vdrtta in izbočena krogelna zrcala.

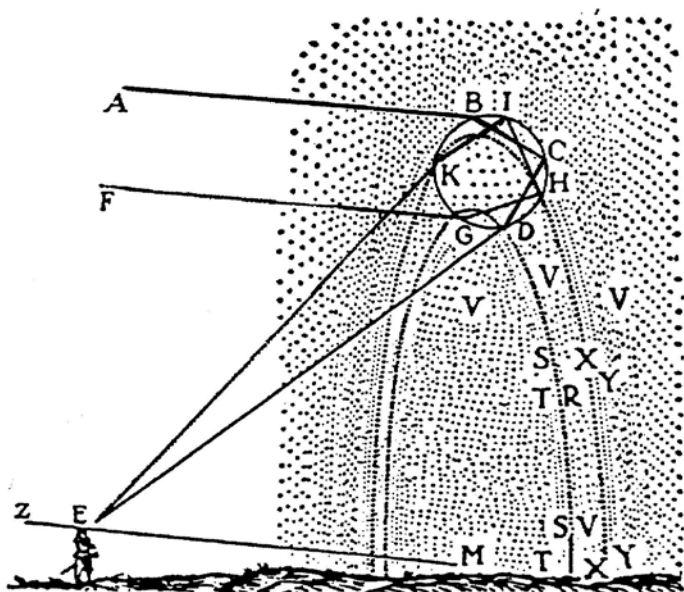
Abu Ali al-Hasan Ibn al-Hajtam, Alhazen, je delal poskuse, kar tedaj ni bilo v navadi. V *Knjigi o svetlobi* je okoli leta 1015 ovrgel zamisel o toku iz oči. Razločeval je svetlobo, ki jo sevajo telesa, in svetlobo, ki se na telesih odbije. Nekatera telesa ne prepuščajo svetlobe, druga pa jo, na primer zrak in voda. A tudi v teh se svetloba s potovanjem oslabi. Opisal je *mavrico* in *camero obscuro*. Privzel je, da iz vsake točke predmeta izhajajo premi žarki na vse strani. Vid in oko je ločil od ostalega dela optike. Misli je, da oko od vseh žarkov zazna tistega, ki je pravokoten na oko in ki se ne lomi. Svetlobo naj bi v očesu zaznavala »kristalna tekočina«, leča. Čeprav so se posamezne njegove zamisli precej razlikovale od današnjih, ga imajo nekateri za »očeta optike«.

Tudi Roger Bacon je v 13. stoletju delal poskuse. Prišel je do podobnih spoznanj kot Alhazen. Starejšim ljudem je za izboljšanje vida priporočal odseke steklenih krogel. Umetniške slike kažejo, da so v 14. in 15. stoletju v naočnikih daljnovidni uporabljali zbiralne leče. Razpršilne leče so za kratkovidne začeli uporabljati v 16. stoletju. Na začetku 17. stoletja so imeli pomembno vlogo izdelovalci leč za naočnike.

Galileo Galilei je leta 1609 izvedel za nizozemski izum *daljnogleda* iz zbiralne in razpršilne leče. Izpopolnil ga je in z njim začel sistematično opazovati nebo. Tudi *mikroskop* je nizozemski izum, a dobre leče zanj je bilo težje izdelati.

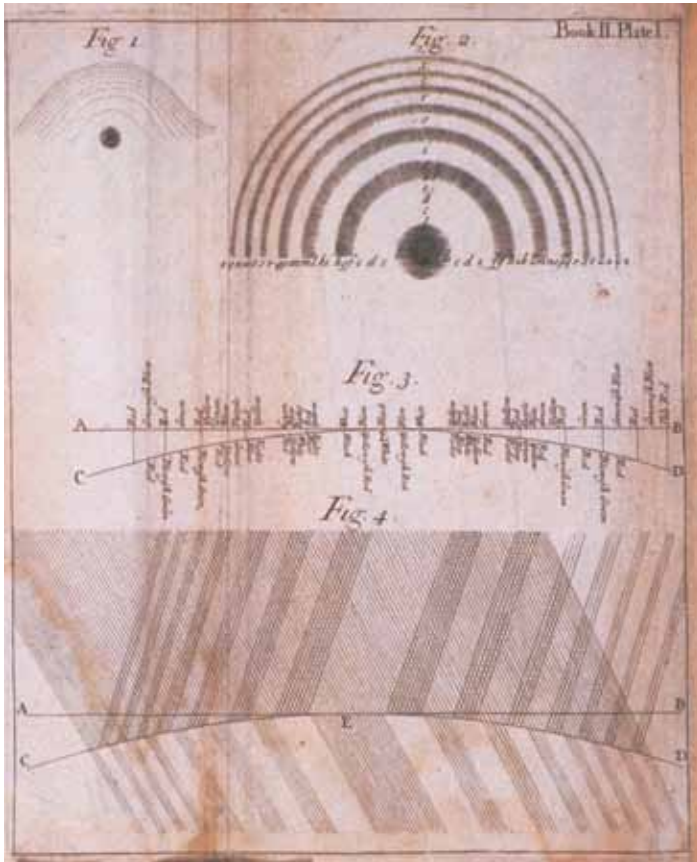
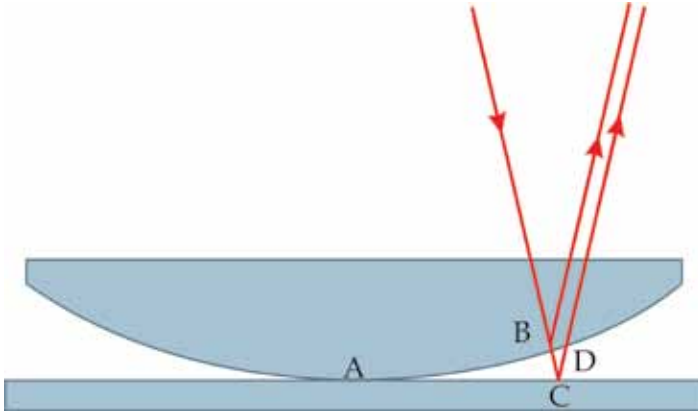
Johannes Kepler je s knjigo *Optični del astronomije* leta 1604 pomembno prispeval k razvoju optike. Nekateri sodijo, da se s to knjigo začne sodobna optika. Ugotovil je, da izvira šop vzporednih žarkov iz zelo oddaljene točke predmeta. Leča zajame del žarkov in jih zbere v točki slike. Vpeljal je pojem *gorišča*. Odkril je *totalni odboj*. Pri prehodu iz stekla v zrak se svetloba lomi od vpadne pravokotnice in je lomni kot večji

Risba mavrice iz Dioptrike Renéja Descartesa leta 1637. Opazovalec ima Sonce za hrbtom in dežne kapljice pred seboj. Glavna mavrica nastane po dveh lomih in odboju na kapljici. Vidimo jo pod kotom med $40,6^\circ$ in $42,4^\circ$ glede na točko, v kateri bi bila senca opazovalčeve glave. Za kot 42° so vedeli že prej.



od vpadnega. Ko bi postal lomni kot enak pravemu kotu, se svetloba v celoti odbije po odbojnem zakonu. Spoznal je, da svetlobo zaznava mrežnica, na kateri očesna leča na-

redi obrnjeno sliko predmeta. Podrobno je pojasnil delovanje naočnikov. V *Dioptriki* je leta 1611 opisal delovanje daljnogleda in omenil možnost, da ga sestavljata dve zbiralni leči.



Lomnega zakona Kepler ni poznal. Ugotovil pa je, da je pri majhnem vpadnem kotu lomni kot sorazmeren z vpadnim kotom. V geometrijski obliki je Ibn Sahl že leta 984 v rokopisu *O napravah za netenje ognja* navedel lomni zakon, ki pa je ostal neopažen. Zakon je odkril Thomas Harriot leta 1602, a ga ni objavil. Willebrord Snel je leta 1621 poznal zakon, a ga tudi ni objavil. Objavil ga je René Descartes leta 1637, a je zmotno mislil, da je hitrost svetlobe v steklu večja kot v zraku. Že Alhazen je trdil drugače. *Lomni količnik snovi* vpeljemo kot razmerje med hitrostjo svetlobe v praznem prostoru in hitrostjo svetlobe v snovi.

Nekdaj so večinoma privzeli, da se svetloba razširi v trenutku. Le redki so domnevali, da potuje z

Newtonovi kolobarji nastanejo, ko osvetlimo plankonvexsko lečo na ravni šipi. Risba kolobarjev iz Newtonove knjige Optika iz leta 1704.

Vir: <http://www.sil.si.edu/Exhibitions/Voyages/explaining-the-heavens.htm>.

zelo veliko, a končno hitrostjo. Galilei je razmišljal o poskusu, da bi izmeril hitrost, a je spoznal, da to z razpoložljivimi sredstvi ni izvedljivo.

Francesco Maria Grimaldi je leta 1660 opazil, da šibka svetloba uide v geometrijsko senco. Pojav, da se svetloba širi »okoli ogla«, je dobil ime *difrakcija, uklon*.

Pierre de Fermat je leta 1662 uvidel, da svetloba pri odboju in lomu ubere pot, za katero porabi najkrajši čas.

Rasmus Bartholin je leta 1669 skozi kristal islandskega dvolomca, kalcijevega karbonata, videl dvojno sliko predmetov. To je bil *dvojni lom*.

Isaac Newton je v letih od 1669 do 1671 sončno svetlobo poslal skozi stekleno tristrano prizmo in dobil mavrico, *spekter*. Tako je odkril *dispertzijo, razklon*, in ugotovil, da belo svetlobo sestavljajo *spektralne barve*. Izdelal je daljnogled s paraboloidnim zrcalom. V knjigi *Optika* je leta 1704 pojasnil barve mavrice. Geometrijsko so mavrico pojasnili že prej. Pri poskusih je opazoval barvo tankih plasti, na primer pri tanki plasti olja na vodni gladini. Raziskal je temne in svetle *Newtonove kolobarje*, ko je osvetlil plankonveksno lečo z ukrivljeno stranjo na stekleni šipi. Te pojave je pripisal »muhavostim« svetlobe. Svetlobo je imel za gibanje zelo hitrih delcev. Kot Descartes je mislil, da steklo delce svetlobe privlači s silo, pravokotno na mejo. Zato se ti v steklu gibljejo hitreje kot v zraku. Newtonovo stališče o naravi svetlobe je bilo dokaj spravlivo. Njegovi pristaši pa so vztrajali pri delčni sliki in se pri tem sklicevali na Newtonov ugled. To je zavrlo razmišljanje o drugačnih razlagah.

Ole Rømer je leta 1676 ugotovil, da časovni razmik med zaporednima mrkoma Jupitrove lune za Jupitrom narašča, ko se Zemlja oddaljuje od Jupitra, in pojema, ko se mu približuje. Po tem je spoznal, da je hitrost svetlobe končna. S tem se je zadovoljil. James Bradley je opazoval *zvezdno aberacijo*. Zvezde v smeri pravokotno na ravnino gi-

banja Zemlje okoli Sonca v letu dni opišejo krožec s polmerom 20,2 kotne sekunde. Leta 1729 je to pojasnil z razmerjem med hitrostjo Zemlje pri gibanju okoli Sonca in hitrostjo svetlobe v pravokotni smeri. Za hitrost svetlobe je dobil 306 tisoč kilometrov na sekundo.

Christiaan Huygens je leta 1678 poročal francoski akademiji in leta 1690 v *Razpravi o svetlobi* objavil svoja dognanja. Svetlobo je obravnaval s potovanjem *valovnih čel*. Po Huygensovem načelu je vsaka točka valovnega čela izvir elementarnih valovnih čel. Novo valovno čelo dobimo kot ovojnico elementarnih valovnih čel. S tem načelom je pojasnil premo potovanje svetlobe ter odboj in lom. Ker je prevladala Newtonova delčna slika, se Huygensova zamisel, ki je vodila k valovanju, tedaj ni uveljavila.

Spoznanje, da je svetloba valovanje *etra*, se je razširilo po zaslugi Thomasa Younga. Eter so imeli za zelo rahlo sredstvo z nemerljivo majhno gostoto, ki prenaša svetlobo, kot zrak prenaša zvok. Zvok je longitudinalno valovanje, zgoščine in razredčine nastanejo, ko deli zraka nihajo v smeri potovanja valovanja. Tudi v svetlobi naj bi deli etra nihali v smeri potovanja valovanja. Young si je predstavljal, da eter prežema snovi in se giblje skozi »kot veter skozi sadovnjak«. Ni si bilo namreč mogoče misliti, da ima Zemlja poseben položaj in v etru miruje. Pri gibanju po etru ni čutiti upora. Young je leta 1802 pojasnil Newtonove kolobarje z *interferenco*. Do ojačenja pride, če je razlika poti za delni valovanji, ki se odbijeta na spodnji ploskvi leče in na zgornji ploskvi šipe, večkratnik *valovne dolžine*, oslabitev pa, če je razlika poti lih večkratnik polovične valovne dolžine. Podobno je pojasnil barve tankih plasti. Leta 1807 je pri *Youngovem poskusu* drobno svetilo preslikal na zaslon skozi dve drobni odprtini. Na zaslonu so se pokazali interferenčni kolobarji, ki so nastali z interferenco delnih valovanj iz obeh odprtin. Za valovno dolžino modre svetlobe je navedel 4 desettisočine milime-

tra in za valovno dolžino rdeče svetlobe 7 desettisočin milimetra.

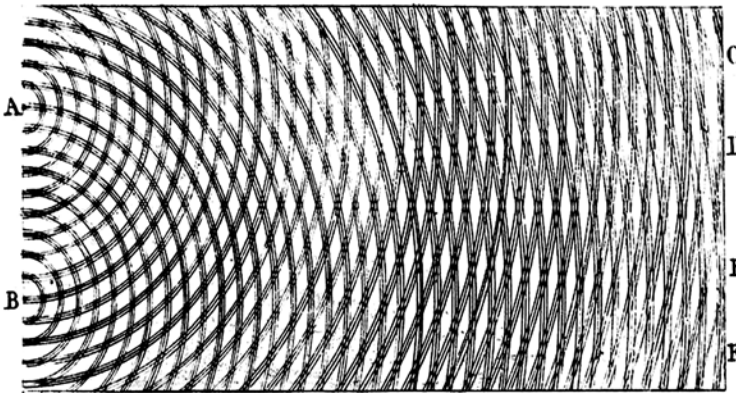
Étienne Louis Malus je leta 1808 po naključju opazoval sončno svetlobo, ki se je odbila na oknih sosednje stavbe, skozi kristal islandskega dvolomca. Izmenoma sta izginjali ena in druga slika, ko je kristal vrtil okoli smeri opazovanja. Pojav je opozoril na vlogo smeri v ravnini, pravokotni na potovanje svetlobe. Imenovali so ga *polarizacija*. Augustin Fresnel je leta 1815 francoski akademiji predložil razpravo o prednosti valovne slike pred delčno. Menil je, da svetlobe ni mogoče naravnost primerjati z zvokom. Young je ob odkritju polarizacije pomislil, da je v svetlobi longitudinalnemu valovanju primešano transverzalno valovanje, pri katerem deli etra nihajo v ravnini, pravokotni na smer potovanja. O tem je razmišljal Fresnel že prej, a se najprej misli ni oprijel, ker je bilo etru v tem primeru treba pripisati lastnosti trdnine. Plin ali tekočina namreč ne moreta prenašati transverzalnega valovanja. Potem se je Fresnel sprijaznil z mislijo, da ni čutiti upora pri gibanju po etru, čeprav ima lastnosti trdnine. Na nalogo o uklonu Akademije je Fresnel leta 1818 z dosledno uporabo Huygensovega načela in upoštevanjem pogojev na robovih izračunal uklonske slike za oviro z ravnim robom, režo, okroglo odprtino, okroglo oviro. Ocenjevalna komisija je opazila, da račun napove svetlo pego na sredini slike za okroglo oviro. Ker se je to zdelo nemogoče, je podvomila v Fresnelove račune. Fresnel pa je napoved podprl s poskusom in tako odprl pot valovni sliki.

Hyppolite Fizeau je leta 1849 izmeril hitrost svetlobe med pariškima gričema in dobil 313 tisoč kilometrov na sekundo. Leon Foucault je leta 1850 izmeril hitrost svetlobe v zraku in v vodi na poti nekaj metrov. Hitrost v vodi je merila $\frac{3}{4}$ hitrosti v zraku. To je podprlo prepričanje, da je svetloba valovanje, ki se je dotlej že uveljavilo, in ne gibanje delcev. V letih od 1902 do 1906 je hitrost svetlobe natančno meril

Albert Abraham Michelson. Zdaj je hitrost svetlobe v praznem prostoru določena z dogovorom 299.792.458 metrov na sekundo.

Več pojavov je nakazovalo, da je svetloba povezana z električnim in magnetnim poljem. Michael Faraday je, na primer, leta 1845 z magnetnim poljem vplival na polarizacijo svetlobe v steklu. James Clerk Maxwell je postopno zamislil, s katerimi je Faraday pojasnil izide poskusov, dal matematično obliko. V letih 1855 in 1856 se je skliceval na podobnost z različnimi pojavi v mehaniki in termodinamiki. V letih 1861 in 1862 je dosegel bolj urejen vtis s tem, da se je skliceval na podobnost z enim samim pojavom. Leta 1865 pa je v *Dinamični teoriji elektromagnetnega polja* zavrgel »nekoliko nerodne« podobnosti in pojasnil svetlobo s pojavi v električnem in magnetnem polju. Svetloba je transverzalno elektromagnetno valovanje, električno polje in magnetno polje sta pravokotni drugo na drugo in na smer potovanja. Heinrich Hertz in Oliver Heaviside sta uredila in poenostavila Maxwelllove enačbe in jim dala današnjo obliko. Hertz je z odkritjem radijskih valov leta 1887 pripomogel, da so sprejeli Maxwelllovo teorijo. Proti koncu 19. stoletja so se fiziki zanimali za sevanje žarečih teles. Gustav Kirchhoff je leta 1860 obravnaval *sevanje črnega telesa*. To sevanje je v votlini pri določeni temperaturi v ravnovesju s stenami, ki vse vpadlo sevanje absorbirajo. Po letu 1895 je postalo mogoče meriti s sevanjem, ki je izhajalo iz votline skozi drobno odprtino. Merili so *spektralno gostoto*, to je del gostote energijskega toka, ki odpade na ozek frekvenčni pas, deljen s širino pasu, v odvisnosti od frekvence. Najprej je kazalo, da se izidi ujemajo z enačbo, ki jo je v letih 1893 in 1896 izpeljal Wilhelm Wien. Natančna merjenja pri majhni frekvenci pa so razkrila odstopanje. Leta 1900 je Max Planck dopolnil Wienovo napoved in *spekter črnega telesa* opisal s *Planckovim zakonom*.

Ozadje zakona je Planck pojasnil z zamisljo, ki je bila za tiste čase zelo nenavadna.



Youngova risba k poskusu iz Youngovega članka iz leta 1807.

Valovanje v votlini s steno izmenjuje energijo v obrokih $h\nu$, *energijskih kvantih*. v je frekvenca in h Planckova konstanta. Da ne bi prišel v nasprotje z Maxwellovo teorijo, je pojav pripisal sodelovanju med snovjo in sevanjem, ki ga še niso poznali. Leta 1918 je dobil Nobelovo nagrado »kot priznanje za prispevek k napredku fizike z odkritjem energijskih kvantov«.

Albert Einstein je leta 1905 ugotovil, da je eter nepotreben in uvedel *posebno teorijo relativnosti*. Istega leta je v članku *O hevrističnem gledišču, ki zadeva nastanek in spremembo svetlobe*, zagovarjal stališče, da kvanti potujejo po praznem prostoru, »ne da bi se delili, in jih je mogoče absorbirati ali izsevati samo kot celote«. Pri tem se ni ustrašil nasprotovanja Maxwellovi teoriji. Tako je pojasnil *fluorescenco*, *ionizacijo plinov* in *fotoefekt*. Pri fotoefektu svetloba z določeno dovolj veliko frekvenco iz kovine izbije elektrone. Kinetična energija najhitrejših izbitih elektronov je enaka energiji kvanta, zmanjšani za delo, ki ga elektron opravi ob izstopu iz kovine. Za svetlobni kvant se je uveljavilo ime *foton*. Einstein je dobil Nobelovo nagrado leta 1921 (podeljeno 1922) »za delo v teoretični fiziki in posebej za odkritje zakona za fotoelektrični pojav«.

Einstein je leta 1916 v članku *Izsevanje in absorpcija sevanja po kvantni teoriji* obravnaval sodelovanje sevanja z množico atomov.

Vzemimo stanji atoma z večjo in manjšo energijo. Samemu sebi prepuščen atom iz stanja z večjo energijo preide v stanje z manjšo energijo s *spontanym sevanjem*. Pri tem izseva foton, ki prevzame razliko energij. Iz stanja z manjšo energijo atom preide v stanje z večjo energijo z *absorpcijo* fotona s pravo energijo. Poleg tega atom preide iz stanja z večjo energijo v stanje z manjšo energijo zaradi delovanja sevanja s *stimuliranim sevanjem*. Na začetku imamo atom v stanju z večjo energijo in foton, na koncu pa atom v stanju z manjšo energijo in dva fotona z enako energijo, enako smerjo in enako polarizacijo. Tako pojasnimo Planckov zakon. Če ne bi upoštevali stimuliranega sevanja, bi dobili le Wienovo napoved. Delež stimuliranega sevanja je pri sobni temperaturi zanemarljivo majhen. Spočetka so zato mislili, da je stimulirano sevanje le teoretična posebnost brez praktičnega pomena.

Deleža stimuliranega sevanja ni mogoče povečati v ravnovesju. To je mogoče le, če atome zbudimo od zunaj, da je v stanju z večjo energijo več atomov kot v ustreznem stanju z manjšo energijo. Poleg tega atome obsevajo z gostim sevanjem s pravo frekvenco, ki spodbuja stimulirano sevanje. To dosežejo tako, da valovanje s pravo frekvenco potuje sem in tja med zrcaloma in nastane stoječe valovanje.

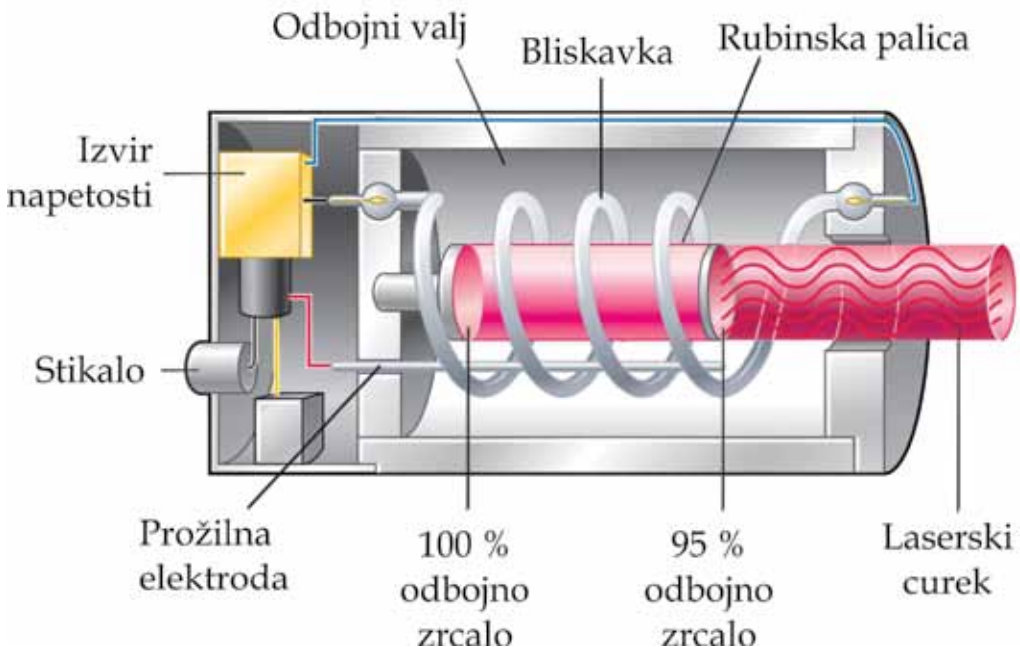
Theodore H. Maiman je pri družbi Hughes uporabil kristal rožnatega rubina, to je

aluminijevega oksida z zelo majhno primesjo kroma. Na dveh vzporednih osnovnih ploskvah je kristal zbrusil in posrebril. Kristal je obdal z vijačno ksenonovo cevjo in skozenjo izpraznil naelektreni kondenzator. Močan svetlobni blisk je povzročil, da so ioni kroma v kristalu z absorpcijo prešli v stanja z veliko energijo. Zaradi delovanja atomov v kristalu so ioni izgubljali energijo in se je v danem stanju nabralo več ionov kot v ustreznem stanju z manjšo energijo. Kak ion je spontano seval. Sevanje se je odbijalo na posrebrjenih ploskvah, tako da je v kristalu nastalo stoječe valovanje. To je povzročalo stimulirano sevanje ionov, ki se je ojačevalo. Skozi posrebrjeno mejno ploskev, ki je prepustila majhen del svetlobe, je kristal izseval kratkotrajen sunek rdeče svetlobe. Sredi maja leta 1960 je Maiman po izrazito povečani moči in dobro določeni frekvenci ugotovil, da mu je uspelo vzbuditi stimulirano sevanje. To je bil prvi *laser* (Li-

ght Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ojačevanje svetlobe s stimuliranim sevanjem valovanja).

Člani Bellovih laboratorijev so avgusta poročali o pojavih z rubinskim laserjem, ki jih Maiman ni opisal. Nekaj časa je nad Maimanovim odkritjem ležala senca in šele čez čas so mu priznali prvenstvo. Druga raziskovalna skupina v Bellovih laboratorijih, ki jo je vodil Ali M. Javan, je za lasersko snov izbrala mešanico helija in neona. Decembra leta 1960 so po cevi z mešanico med ukrivljenima zrcaloma pognali enosmerni tok. Ob trku je atom neona prevzel energijo od vzbujenega atoma helija. Tako se je v danem stanju nabralo več neonovih atomov kot v ustreznem stanju z manjšo energijo. Stoječe valovanje s pravo smerjo in polarizacijo je povzročilo stimulirano sevanje drugih neonovih atomov in sevanje se je ojačevalo. Eno od zrcal je prepustilo majhen

Poenostavljena risba rubinskega laserja. Vir: <http://chemwiki.ucdavis.edu/>.



del svetlobe kot ozek rdeč laserski curek z zelo dobro določeno frekvenco. To je bil prvi plinski laser in prvi laser, ki je deloval neprekinjeno. Potem so kmalu izdelali še laserje drugačnih vrst. Na začetku leta 1961 je delovalo že pet vrst laserjev. Leta 1962 so izdelali prvi polprevodniški laser.

Atomi v razredčenem plinu se neurejeno gibljejo in spontano sevajo neodvisno drug od drugega kratkotrajne *valovne poteze*, v različnih smereh in z različno polarizacijo. Nastala zmešnjava valovnih potez je *nekoherentno valovanje*. Tako je tudi sevanje običajnih trdnih svetil, ker njihovi deli sevajo neodvisno drug od drugega. V stimuliranem sevanju pa imajo vse valovne poteze enako smer, enako frekvenco in enako polarizacijo. To je *koherentno valovanje*. Tako valovanje je omogočilo nove poskuse ali je močno skrajšalo trajanje prejšnjih poskusov. Nekateri optiko delijo na čas pred laserji in na čas po njihovem odkritju.

Pri osvetljenih vodometih svetloba potuje po vodnem curku in se na njegovi meji totalno odbije nazaj v curek, če ta ni preveč ukrivljen. O tem so se s poskusi prepričali sredi 19. stoletja. Pojav so izkoriščali zdravniki in zobozdravniki, da so po steklenih ali plastičnih palicah osvetljevali telesne votline.

Charles K. Kao je leta 1965 premišljeval, kako bi svetlobo speljal po tankem vlaknu iz prozorne snovi. Pojav bi lahko uporabili za prenos sporočil. Od srednjih radijskih valov s frekvenco nekaj milijonov nihajev na sekundo so prešli na ultrakratke valove s frekvenco nekaj deset milijard nihajev na sekundo, da bi izboljšali prenos sporočil. Radijske valove z veliko frekvenco zrak razmeroma slabo prepušča, zato jih vodijo po *valovnih vodnikih*. To so kovinske cevi s pravokotnim ali krožnim presekom, na notranji strani prevlečene s kovino z majhnim električnim uporom. Kao se je vprašal, ali bi bilo mogoče svetlobo uporabiti za prenos sporočil in jo voditi po tankih vlaknih iz prozorne snovi kot po valovnih

vodnikih. Leta 1966 je opisal »optični valovni vodnik«. S sodelavcem je obravnaval svetlobne vodnike iz prozornih snovi in ugotovil, da je vlakno steklaste snovi »pripraven praktičen svetlobni vodnik in pomembna možnost za novo obliko prenosa podatkov«. V primerjavi s sedanjimi vodniki »tak vodnik lahko prenese več podatkov in utegne imeti prednosti pri osnovni ceni«. Treba je le izdelati vodnik brez nečistoč, da se valovanje v njem preveč ne oslabi.

Kao je s sodelavci v letih 1968 in 1969 ugotovil, da je za svetlobne vodnike najprimernejši nekristalni kremen. Danes uporabljajo svetlobne vodnike, *optična vlakna*, iz kremenca. Vlakno ima sredico s premerom od 8 do 50 tisočin milimetra, ki jo obdaja več plasti do skupnega premera 400 tisočin milimetra. Plast ob sredici ima malo manjši lomni količnik kot sredica. To dosežejo ob vlečenju vlakna ali tako, da sredici dodajo malenkost snovi z večjim lomnim količnikom. Tako se svetloba ob sredici postopno totalno odbija v sredico. Optični kabel sestavlja več vlaken, na primer deset. V vlaknu se najmanj oslabi infrardeča svetloba z valovno dolžino 1,525 tisočin milimetra. V današnjih vlaknih se gostota energijskega toka na kilometer le še zelo malo oslabi. Kot izviri se uporabljajo drobni polprevodniški laserji. Prve optične telefone so v Angliji in Združenih državah Amerike začeli uvajati leta 1977. Leta 1982 so položili svetlobni kabel med New Yorkom in Washingtonom, štiri leta zatem čez Rokavski preliv in leta 1988 čez Atlantik. Zdaj je vse površje Zemlje prepredeno s svetlobnimi kabli. Leta 2009 je Kao dobil polovico Nobelove nagrade za »dosežke, ki zadevajo prenos svetlobe po vlaknih za optične komunikacije«.

To je bilo nekaj pomembnih korakov v razvoju pogledov na svetlobo. Nismo mogli omeniti vseh. Predvsem nismo omenili tehniških izboljšav. V zadnjem času se je razvila *kvantna optika*, v kateri uspejo poskusi s posameznimi fotoni. Razvoj je pripeljal do

naprav, brez katerih bi si danes težko predstavljali vsakdanje življenje: internet, laserski gramofoni, čitalci palične kode, telefoni vseh vrst ...

V letu 2015 bomo počastili pomembne znanstvene obletnice: delo v optiki Ibn al-Hajtama leta 1015, pojem svetlobe kot valovanja Fresnela leta 1815, elektromagnetno teorijo svetlobe Maxwella leta 1865, Einsteinovo teorijo fotoefekta leta 1905 in vključitev svetlobe v kozmologijo s splošno teorijo relativnosti leta 1915 ter odkritje prasevanja Penziasa in Wilsona in dosežke Charlesa Kaa pri prenosu svetlobe po vlaknih leta 1965.

Napoved Mednarodnega leta svetlobe 2015 v Wikipedii

Literatura

Bromberg, L., 1988: *The birth of the laser. Physics Today*, 41 (10): 26.

[En.wikipedia.org/wiki/History_of_optics](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_optics).

Strnad, J., 2003: *Razvoj fizike. Ljubljana: DZS*.

Medicina • Škiljenje – božji dar pri Inkib

Škiljenje – božji dar pri Inkib

Andraž Novak

Oči smo ljudje občudovali in spoštovali že od nekdaj – ne le zaradi izjemne uporabne vloge vida. Ko poslušamo druge govoriti o očeh, so opisi bolj podobni umetnosti: »Čudovite sinje modre kot brezmejni ocean.« A pri opisovanju oči se ne ustavimo pri umetnosti. Mnogi se še danes zanašajo na oči pri opazovanju in ocenjevanju sogovornika:

»Morda so (shizofreniki) vse prepogosto pod vplivom starodavnih tradicionalnih kulturnih nesmislov o očeh kot ogledalu duše ter o stvarih, ki se kažejo v njih in bi sicer ostale skrite – kar se zdi ena najbolj zgrešenih predstav, kar jih poznam.«

Sullivan, H. S., 1954: *The Psychiatric Interview (Psihiatrični pogovor)*. New York: Norton. Prevod: Andreja Šalamon Verbič.

Z vajo lahko natančno nadziramo svojo obrazno mimiko in telesno govorico. Previdno lahko izbiramo besede in pazimo na ton in barvo našega glasu. A s še tako veliko mero vaje nas oči na koncu izdajo. Prav v njih odsevajo naši pravi nameni. Zakaj bi drugače slaba vest skoraj onemogočila pogled v oči sogovorniku? Zakaj se zaljubljeni par tako igrivo izmika s pogledi? Čemu skrivamo pogled, ko smo osramočeni?

»Obraz je odsev uma, oči brez besed razkrivajo skrivnosti srca.«

Sveti Hieronim (347–420). Franc Ksaver Lukman, 1941: *Svetega Hieronima Izbrana pisma. Celje: Mohorjeva družba*.